

ÜBER DAS VERHALTEN DER HERZFREQUENZ
VON KINDERN
BEIM SCHWIMMEN UND TAUCHEN

Thomas Becker

1976



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41555611_0029

Aus der Universitäts-Kinderklinik München im Dr. von Haunerschen Kinderspital
Direktor: Prof. Dr. K. Betke

ÜBER DAS VERHALTEN DER HERZFREQUENZ VON KINDERN
BEIM SCHWIMMEN UND TAUCHEN

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
an der Ludwig Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Thomas Becker
aus Oldenburg

1976

Mit Genehmigung des Fachbereichs Medizin
der Universität München

1. Berichterstatter:	Prof. Dr. K. Betke
2. Berichterstatter:	Prof. Dr. G. Schimert
Dekan:	Prof. Dr. W. Spann
Tag der mündlichen Prüfung:	27.4.1976

DISSERTATIONS- UND FOTODRUCK FRANK oHG
8 München 2, Gabelsbergerstraße 15, Tel. 2 8 0 9 0 9 0



INHALT

	Seite
I. EINLEITUNG	----1
II. METHODIK	----3
III. ERGEBNISSE	----9
IV. DISKUSSION	---31
V. ZUSAMMENFASSUNG	---38

I. EINLEITUNG

Während Untersuchungen über das Verhalten der Herzfrequenz Erwachsener beim Schwimmen und Tauchen inzwischen von verschiedenen Autoren vorliegen (ARUCEV ; BASSAN ; BOVE et al.; CRAIG; CRAIG und MEDD ; KAWAKAMI ; KASTNER et al.; KEUL,ZIPPELIUS und HENRICH ; MAGEL,McARDLE und GLASER ; McARDLE,GLASER und MAGEL ; MEYTHALER und SCHMIDT ; STEGEMANN und TIBES sowie STRØMME,KEREM und ELSNER),gibt es unseres Wissens bisher keine entsprechenden Untersuchungen im Kindesalter.Lediglich zwei Arbeiten,welche beide noch mit kabelgebundener EKG-Registrierung durchgeführt wurden,beschreiben die sog. Tauchbradykardie auch bei Kindern.Dies sind einmal die Untersuchungen von CRAIG,der unter anderem auch bei 3 Jungen im Alter von 10 und 11 Jahren eine deutliche Tauchbradykardie nachwies.Zum anderen zeigten BOVE et al. an 8 Kindern im Alter von 8-14 Jahren,daß es beim Eintauchen des Gesichtes in Wasser bei in Inspirationsstellung gehaltenem Atem zu einer Verringerung der Herzfrequenz um etwa 14 Schläge pro Minute kommt.

Darüberhinaus wissen wir aus Untersuchungen von ÅSTRAND et al.,ANDREW et al. sowie DIETRICH an älteren Kindern nur,daß ein Schwimmtraining zur Verbesserung der körperlichen Leistungsfähigkeit führen kann;und zwar in ähnlicher Weise wie bei Erwachsenen über eine Vergrößerung des Herzvolumens,des Gesamthämoglobins und der Vitalkapazität.

Die in den letzten Jahren zu beobachtende Vorverlagerung des Schwimmunterrichtes,der gegenwärtig in zunehmendem Maße schon 3-jährigen Kindern erteilt wird,bringt zwangsläufig ein wachsendes Interesse an funktionellen Daten während des Schwim-

mens mit sich. Nur waren die bis vor kurzem zur Verfügung stehenden telemetrischen Einheiten wegen der Größe und des Gewichtes der Sender für jüngere Kinder nicht geeignet. Diesem Umstand ist inzwischen abgeholfen worden, so daß wenigstens technisch die Übermittlung des EKG's und die damit verbundene Registrierung der Herzfrequenz auch bei Kleinkindern während des Schwimmens möglich geworden ist.

Wir haben uns in der vorliegenden Arbeit darauf beschränkt, zunächst einmal das Verhalten der Herzfrequenz während einer Schwimmstunde bei insgesamt 42 Kindern festzuhalten, und zu verschiedenen immer wiederkehrenden Tätigkeiten jeweils in Beziehung zu setzen. Ein Einfluß auf den Ablauf des Unterrichtes wurde dabei möglichst vermieden.

II. METHODIK

1. Probanden

An den Untersuchungen nahmen 42 gesunde Kinder - 25 Jungen und 17 Mädchen teil, die im Durchschnitt acht Stunden eines zwanzigstündigen Schwimmkurses absolviert hatten. *) Zum Zeitpunkt der Untersuchung konnte sich bereits etwa die Hälfte der Kinder ohne Oberarmschwimmhilfe im Wasser aufhalten.

Da möglichst alle am Schwimmkurs teilnehmenden Kinder einmal getestet werden sollten, mußte in einigen Fällen viel Geduld aufgewendet werden, bevor die betreffenden Jungen oder Mädchen - und auch Eltern - ihr Einverständnis bezeugten. In der Mehrzahl waren die Kinder aber ohne Widerstreben zur Teilnahme an den Versuchen bereit.

Bei fünf Kindern konnten die Messungen aus technischen Gründen nicht beendet werden, sodaß sich die Zahl der ausgewerteten Fälle auf 37 verringerte, wovon 21 Jungen und 16 Mädchen waren. Über die Mittelwerte und Standardabweichungen von Alter, Körperlänge und Körpergewicht dieser Kinder unterrichtet TABELLE 1. Aus dem Vergleich mit den Normwerten von MEREDITH ergibt sich, daß die von uns gewählten Kinder eine durchschnittliche Längen- und Gewichtsentwicklung aufwiesen. In TABELLE 2 ist die Zusammensetzung des Probandengutes nach Alter und Geschlecht aufgeschlüsselt mit zusätzlichen Angaben darüber, wieviele der Kinder tauchten und wie lange sie ungefähr unter Wasser blieben. Außerdem ist der Zeitpunkt der Untersuchung angegeben und festgehalten, ob der Proband zu diesem Zeitpunkt noch die Oberarmschwimmhilfe benötigte oder nicht.

* An dieser Stelle Herrn Heinz Bauermeister vielen Dank, daß die Untersuchungen an seiner Schwimmschule stattfinden konnten.

KLEINKINDER		n= 20						
n	Alter (Jahre)	Körperlänge (cm)			Körpergewicht (kg)			ASG
		$\bar{x}$	s	ASL	$\bar{x}$	s	ASG	
1	3,71	102,0	-	101,2	18,0	-	16,0	
7	4,62	108,1	4,76	107,2	17,5	1,82	17,62	
12	5,60	117,4	5,54	114,4	21,8	3,51	20,6	
SCHULKINDER		n= 17						
9	6,54	121,3	4,20	120,4	21,3	1,83	22,8	
5	7,56	122,5	5,14	126,2	22,9	2,69	25,5	
1	8,33	134,5	-	129,0	26,0	-	26,9	
1	9,14	134,0	-	133,8	31,0	-	29,4	
1	10,52	148,0	-	142,3	31,8	-	33,9	
37	6,16	118,4	9,4	117,8	21,4	3,83	21,9	

TABELLE 1 : Alter, Körperlänge und Körpergewicht der 20 Kleinkinder (3-5 Jahre) und 17 Schulkinder (6-10 Jahre) unseres Untersuchungsgutes. Mittelwerte und Standardabweichungen sind angegeben und mit den Normwerten von Meredith verglichen. (ASL=Alterssolllänge; ASG=Alterssollgewicht)

Alter (Jahre)	n	Jungen	Mädchen	Taucher		Schwimmhilfe		Unterrichts- stunde	
				bis 10sec	über 10sec	mit	ohne	4.-10.	11.-18.
3,71	1	1	-	1	-	1	-	1	-
4,62	7	4	3	4	1	4	3	4	3
5,60	12	7	5	3	7	9	3	6	6
6,54	9	4	5	3	3	3	6	5	4
7,56	5	4	1	3	2	2	3	3	2
8,33	1	-	1	-	1	-	1	-	1
9,14	1	-	1	1	-	-	1	-	1
10,52	1	1	-	-	-	1	-	1	-
SUMME	37	21	16	15	14	20	17	20	17

TABELLE 2 : Zusammensetzung des Probandengutes nach Alter, Geschlecht, Tauch- und Schwimmfähigkeiten und Anzahl der Unterrichtsstunden.

2. Untersuchungsbedingungen

Die Untersuchungen wurden während des regulären Unterrichtes an dem privaten "Schwimminstitut München" durchgeführt. Das Schwimmbecken war 8 m lang und 4 m breit. Die Wassertiefe betrug 1,30 m. Eine Rutsche endete in einer Höhe von 50 cm über dem Wasserspiegel. Jeder der Parallelkurse fand in spielerischer Form mit einer Gruppe von meistens sechs Kindern statt.

Die Wassertemperatur betrug 32°C . Die relative Luftfeuchtigkeit lag anfangs bei 70%, konnte später aber tiefer reguliert werden. Die Lufttemperatur schwankte zwischen 25°C und 30°C . Die Messungen wurden jeweils vormittags von 9 bis 12 Uhr oder nachmittags von 15 bis 17 Uhr vorgenommen.

3. Meßanordnung

Das Elektrokardiogramm wurde während der gesamten Versuchsdauer mit einer Telemetrie-Anlage der Firma Siemens übermittelt. Der volltransistorisierte Sender hatte etwa die Größe einer Zigarettenschachtel und war in einem selbst angefertigten zylindrischen Plexiglasgehäuse wasserdicht untergebracht. Dieses Gehäuse war so bemessen, daß es mit eingeschlossenem Sender im Wasser schwebte, so daß es für das Kind keine Last darstellte.

Die 50 cm lange Schleppantenne und die 3 Ableitelektroden des Senders waren durch den Gehäuseboden nach außen gezogen. Die beiden differentiellen Elektroden wurden über der palperten Herzspitze und dem 2. Intercostalraum rechts parasternal aufgesetzt, die dritte Elektrode, die der Verringerung von Störpotentialen dient, unter dem rechten Rippenbogen. Vorher wurde die Haut an den drei Ableitungspunkten zur Herabsetzung des Hautwiderstandes durch trockenes Abreiben entfettet.

Mit Hilfe des Telemetrie-Empfängers wurde über die R-Zacke des Elektrokardiogrammes ein elektromechanischer Pulszähler

der Firma Landis&Gyr angesteuert, der die ankommenden Impulse fortlaufend addierte, nach jeweils zehn Sekunden auf einen laufenden Papierstreifen ausdrückte und sich anschließend automatisch auf Null zurückstellte. Durch Multiplikation der ausgedruckten Werte mit sechs ergab sich also die mittlere Herzfrequenz während des entsprechenden 10-Sekunden-Intervalles.

Mit dem Empfangsgerät war gleichzeitig ein Oszilloskop gekoppelt, an dem die einlaufende Herzstromkurve ständig überprüft werden konnte. Außerdem wurde die Herzfrequenz optisch und akustisch angezeigt. Auf diese Weise ließ sich rechtzeitig erkennen, wenn ein Nachstellen der Eingangsempfindlichkeit notwendig war, was häufig beim Eintauchen der Elektroden ins Wasser vorkam, weil hierbei das EKG-Potential auf etwa 60-70% gegenüber Luft abfällt (VOGEL). Bei fünf Kindern kam es zu technischen Schwierigkeiten dadurch, daß Wasser entweder unter die Elektrodenringe oder in das Sendergehäuse drang.

4. Untersuchungsablauf

Vor Beginn des Unterrichtes wurde aus der jeweiligen Gruppe ein Kind zur Durchführung der Messungen ausgewählt, dem mit einfachen Worten der Vorgang erklärt wurde und mögliche Ängste genommen wurden. Anschließend wurden Name, Geburtsdatum, Länge und Gewicht des Probanden notiert. Dann wurden die Elektroden mit Kleberingen an der Brustwand angebracht und das Sendergehäuse mittels schmaler Bändergurte am Rücken des Kindes befestigt. Dem Kind wurde verdeutlicht, daß es sich mit dem Sender wie gewohnt im Wasser bewegen könne. Daraufhin begann die Registrierung der Herzfrequenz, die im Mittel über 35 Minuten fortgeführt wurde.

Auf dem Papierstreifen, auf dem in 10-Sekunden-Perioden die

Pulssummen ausgedruckt waren, wurde fortwährend zeitgerecht notiert, welche Tätigkeit das Kind gerade ausübte. Dabei wurden in allen Fällen besonders festgehalten der Aufenthalt außerhalb des Wassers, das Hinein- bzw. Herausklettern über die Treppe, das Schwimmen selbst, der Aufenthalt im Wasser ohne Schwimmaktivität (Pause), das Tauchen und das Rutschen bzw. Springen ins Wasser. Nach Beendigung der Schwimmstunde wurde die Pulsfrequenz im Stehen noch so lange aufgezeichnet, bis sie völlig oder annähernd den Ausgangswert wieder erreicht hatte, welcher ebenfalls im Stehen und beim ruhigen Gehen zum Beckenrand ermittelt worden war.

5. Statistische Methoden

Arithmetische Mittel und Standardabweichungen wurden nach den üblichen statistischen Rechenverfahren bestimmt.

Um zu prüfen, ob zwei Mittelwerte der gleichen Grundgesamtheit entstammten, bedienten wir uns des unpaarigen t-Testes, und zwar nach der Formel

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}} \quad .$$

Für die Signifikanzberechnung von Unterschieden haben wir folgende Stufen der prozentualen Zufallswahrscheinlichkeit p

gewählt:

p	0,1 %	***
p	1 %	**
p	5 %	*

III. ERGEBNISSE

In Abbildung 1 sind als Beispiel für den Unterrichtsablauf die mittleren Herzfrequenzen in 10-Sekunden-Intervallen während einer Schwimmstunde bei einem 5-jährigen Mädchen chronologisch aufgetragen. Gleichzeitig sind die Tätigkeiten angegeben, die in den einzelnen Zeitabschnitten ausgeführt wurden. Man erkennt, daß die Herzfrequenz in weiten Grenzen zwischen 84 und 168 Schlägen pro Minute schwankte, und daß zwei aufeinanderfolgende Werte bis zu 36 Schlägen pro Minute differierten. Der tiefste Wert wurde beim Tauchen erreicht, der höchste Wert beim Rutschen. Auch beim Schwimmen selbst waren die Herzfrequenzen starken Schwankungen unterworfen, was als Hinweis zu deuten ist, daß die Intensität des Schwimmens ständig wechselte. In den Pausen, bei denen sich die Kinder nur ruhig über Wasser hielten, erfolgte meist ein Frequenzabfall bis nahe an den Ausgangswert. Erst gegen Ende der Stunde, als die Kinder durch häufiges Herausklettern und Rutschen stärker belastet waren und die Pausen immer kürzer ausfielen, war die Erholungstendenz weniger ausgeprägt. Nach Beendigung der Stunde fiel die Herzfrequenz im Stehen nur allmählich ab. So wurde bei dem als Beispiel genommenen Mädchen der Ausgangswert von 108 min^{-1} auch nach 3 Minuten noch nicht erreicht, wobei allerdings der Anteil der Orthostasereaktion an der Verzögerung des Frequenzabfalles nicht abzugrenzen ist.

Um die Ergebnisse von Teilkollektiven untereinander vergleichen zu können, wurden im einzelnen folgende genauer definierte Phasen des Unterrichtsablaufes bei jedem Kind erfaßt und die dabei gemessenen Herzfrequenzwerte zur Ausarbeitung weiterverwendet:

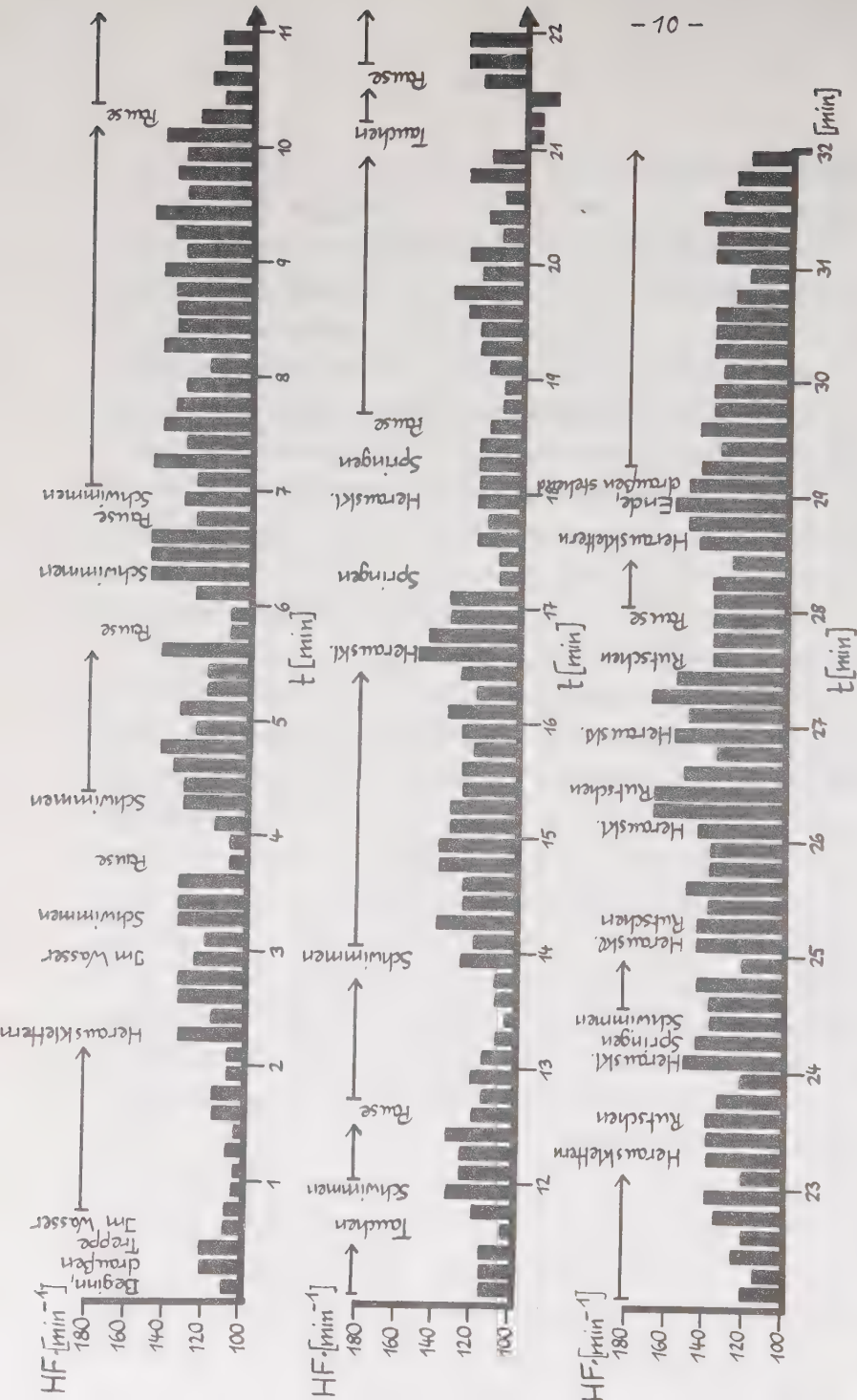


Abb. 1: Beispiel für den Ablauf des Unterrichtes. Die eingezeichneten Herzfrequenzen wurden aus den mitgeschriebenen Werten während 10-Sekunden Intervallen berechnet.
(Astrid K 55 Jahre, 118 cm, 205 kg, mit Schwimmhilfe, Versuchszeit: 37 min)

1. Stehen draußen nach Befestigung der Elektroden und des Senders, und ruhiger Gang zum Becken. Dieser Mittelwert über mehrere 10-Sekunden-Perioden wurde als Ausgangswert genommen.
2. Der Moment auf der Treppe.
3. Der erste Wert nach Eintauchen ins Wasser.
4. Die erste Schwimmminute - Mittelwert aus sechs 10-Sekunden-Intervallen.
5. Schwimmen am Ende des ersten Unterrichtsdrittels (durchschnittlich in der 11. Minute) - Mittelwert aus sechs Intervallen.
6. Die darauffolgende Pause - Mittelwert aus mehreren Intervallen.
7. Schwimmen am Anfang des letzten Drittels der Stunde (etwa in der 24. Minute) - Mittelwert aus sechs Intervallen.
8. Schwimmen - höchster Einzelwert.
9. Pause gegen Ende der Stunde - Mittelwert aus mehreren 10-Sekunden-Intervallen.
10. Vor dem Tauchen - Einzelwert.
11. Tauchen - tiefste Einzelwerte nach 10 bzw. 20 Sekunden.
12. Nach dem Tauchen - Mittelwert aus vier Intervallen.
13. Herausklettern .
14. Hineinspringen oder Hineinrutschen.
15. Nach Verlassen des Beckens am Ende - erster Einzelwert.
16. Ende - Einzelwert nach einer Minute Erholung im Stehen.
17. Tiefstwert - tiefster Einzelwert während der gesamten Stunde.
18. Höchstwert - höchster Einzelwert, der jeweils registriert wurde.

Da Tauchen, Herausklettern und Hineinspringen bzw. Hineinrutschen bei den meisten Kindern mehrere Male vorkamen, wurde immer schon während der Registrierung bestimmt, welcher dieser Vorgänge jeweils in die spätere Verrechnung mit aufgenommen werden sollte.

In Abbildung 2 sind die Mittelwerte der Herzfrequenzen während der genannten Phasen des Schwimmunterrichtes graphisch zur Ausgangsfrequenz in Beziehung gebracht.

In TABELLE 3 sind die gleichen an allen Kindern ermittelten Werte mit ihren Standardabweichungen und ihre prozentuale Abweichung vom Ausgangswert angegeben.

Von einem relativ hohen Ausgangswert von 122 min^{-1} stieg die Herzfrequenz beim Schwimmen auf durchschnittlich etwa 150 min^{-1} am Ende des ersten und zu Beginn des letzten Unterrichtsdrittels an. Die beim Schwimmen erreichten mittleren Höchstwerte lagen bei 170 min^{-1} . Sie kamen allerdings bei den meisten Kindern im Verlauf eines zwischendurch eingefügten Wettschwimmens zustande.

Die Herzfrequenzwerte beim Rutschen und Springen waren im allgemeinen höher als diejenigen beim Schwimmen und lagen bei unseren Probanden im Mittel um 159 min^{-1} . Beim Tauchen kam es bis auf einen Fall zu einer ausgeprägten Bradykardie mit einem mittleren Absinken der Frequenz von 140 min^{-1} um 27 Schläge auf 113 min^{-1} , ein Wert der unter der Ausgangsfrequenz lag. Nach dem Auftauchen stieg die Herzfrequenz nur um 13 Schläge auf 131 min^{-1} an. Nach Beendigung des Unterrichtes fiel die Herzfrequenz innerhalb einer Minute von im Mittel 159 min^{-1} auf 134 min^{-1} ab. Zu diesem Zeitpunkt hatte etwa die Hälfte der Kinder ihre Ausgangsfrequenz wieder erreicht.

PHASEN DES UNTERRICHTES

	$\bar{x}$	s	%
-Beginn, draußen stehend -Ausgangswert	122	13,0	
-Auf der Treppe-----	134	13,9	10
-Im Wasser-----	128	14,4	5
-Schwimmen, 1. Minute----	142	18,2	16
-Schwimmen, 11. Minute----	148	18,3	21
-Pause danach-----	128	17,7	5
-Schwimmen, 24. Minute----	152	17,7	25
-Schwimmen, Höchstwert---	170	20,8	39
-Pause, letztes Drittel--	134	17,4	10
-Vor dem Tauchen-----	140	19,3	15
-Tauchen, Tiefstwert----	113	24,1	-7
-Nach dem Tauchen-----	131	19,3	7
-Herausklettern-----	159	18,1	30
-Rutschen, Springen-----	159	16,0	30
-Ende, 1. Wert draußen----	159	21,9	30
-Ende, nach 1 Minute Erholung-----	134	17,2	10
-Tiefstwert insgesamt---	105	17,2	-14
-Höchstwert insgesamt---	176	19,7	44

TABELLE 3: Mittelwerte und Standardabweichungen der Herzfrequenz während einzelner Phasen eines Schwimmunterrichtes bei 37 Jungen und Mädchen im Alter von 3-10 Jahren. In der rechten Spalte ist die prozentuale Abweichung vom Ausgangswert im Stehen -zu Beginn des Unterrichtes- angegeben.

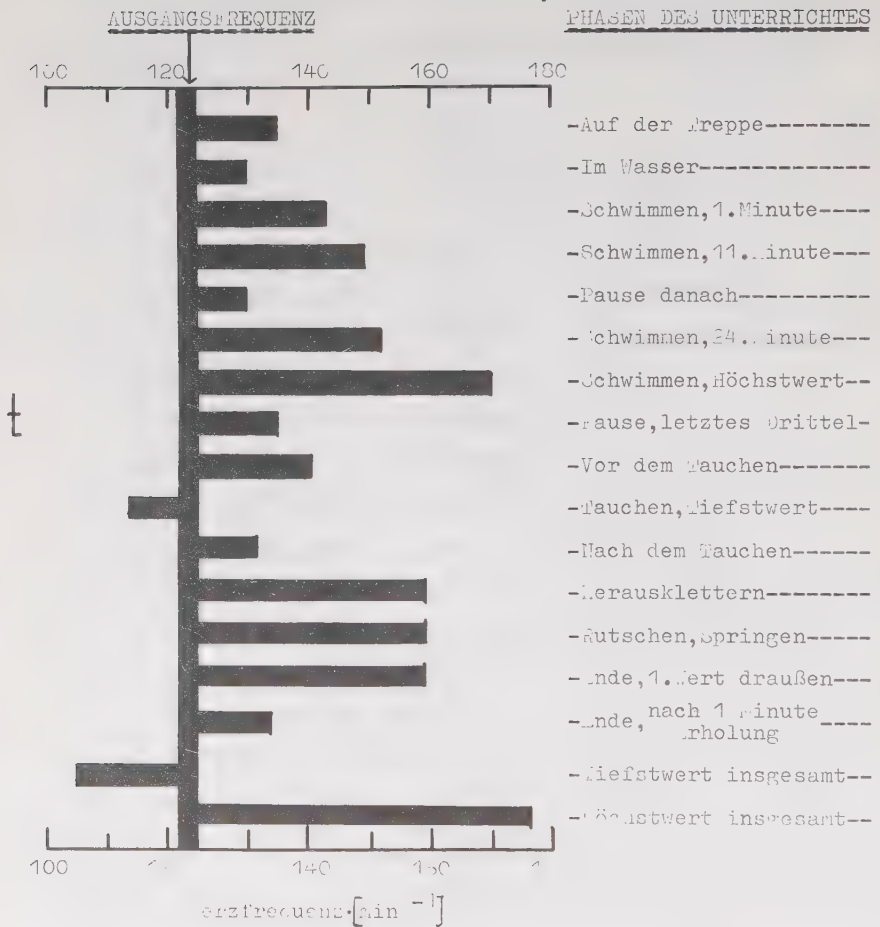


Abb. 2 : Herzfrequenzen während einzelner Phasen einer Schwimmstunde bei 37 Jungen und Mädchen im Alter von 3 - 10 Jahren. Die Werte sind mit der Ausgangsfrequenz - zu Beginn im Stehen - verglichen.

Zur Verdeutlichung des Herzfrequenzverlaufes beim Tauchen wurde in Abbildung 3 die mittlere Herzfrequenz von 15 Kindern, die weniger als zehn Sekunden und von 14 Kindern, die mehr als zehn Sekunden tauchten, in Zeitabschnitten von je 10 Sekunden getrennt aufgetragen. Hierbei reichte das 'Tauchen' vom bloßen Gesicht ins Wasser stecken bis zum Hinuntertauchen auf den Beckenboden. Insgesamt fünf Kinder schwammen während des Tauchvorganges zügig unter Wasser, wobei bei einem Kind keine Bradykardie auftrat. In die Abbildung sind auch zum Vergleich die Werte von Erwachsenen (STEGEMANN und TIBES) eingezeichnet, soweit sie annähernd gleiches Ausgangsniveau besaßen. In den ersten Sekunden nach Untertauchen schon sank die Herzfrequenz auf Werte, die je nach Länge des Tauchvorganges 21 bzw. 38 Schläge unter dem zuvor ermittelten Wert lagen. Ebenso rasch war der Anstieg der Herzfrequenz nach dem Auftauchen auf ein Niveau, das wiederum in Abhängigkeit von der Tauchdauer 8 bzw. 14 Schläge unter der Ausgangsfrequenz war. Der Verlauf bei den Erwachsenen ist abgesehen davon, daß diese durchschnittlich 30 Sekunden unter Wasser waren, ähnlich. Es fällt allerdings auf, daß die Reaktion der Herzfrequenz bei den Kindern sowohl auf das Untertauchen als auch nach Wiederauftauchen etwa fünf Sekunden früher einsetzte.

Aus Abbildung 4 ergibt sich der prozentuale Anteil einzelner Phasen des Unterrichtes an den Tiefst- bzw. Höchstwerten der Herzfrequenz. Der Tiefstwert wurde am häufigsten beim Tauchen erreicht, der Höchstwert beim Schwimmen. Die beiden tiefsten Einzelwerte von 72 min^{-1} wurden ebenfalls beim Tauchen gemessen, und zwar bei zwei 5-jährigen Jungen. Der höchste Einzelwert betrug 210 min^{-1} und wurde von einem 6-jährigen

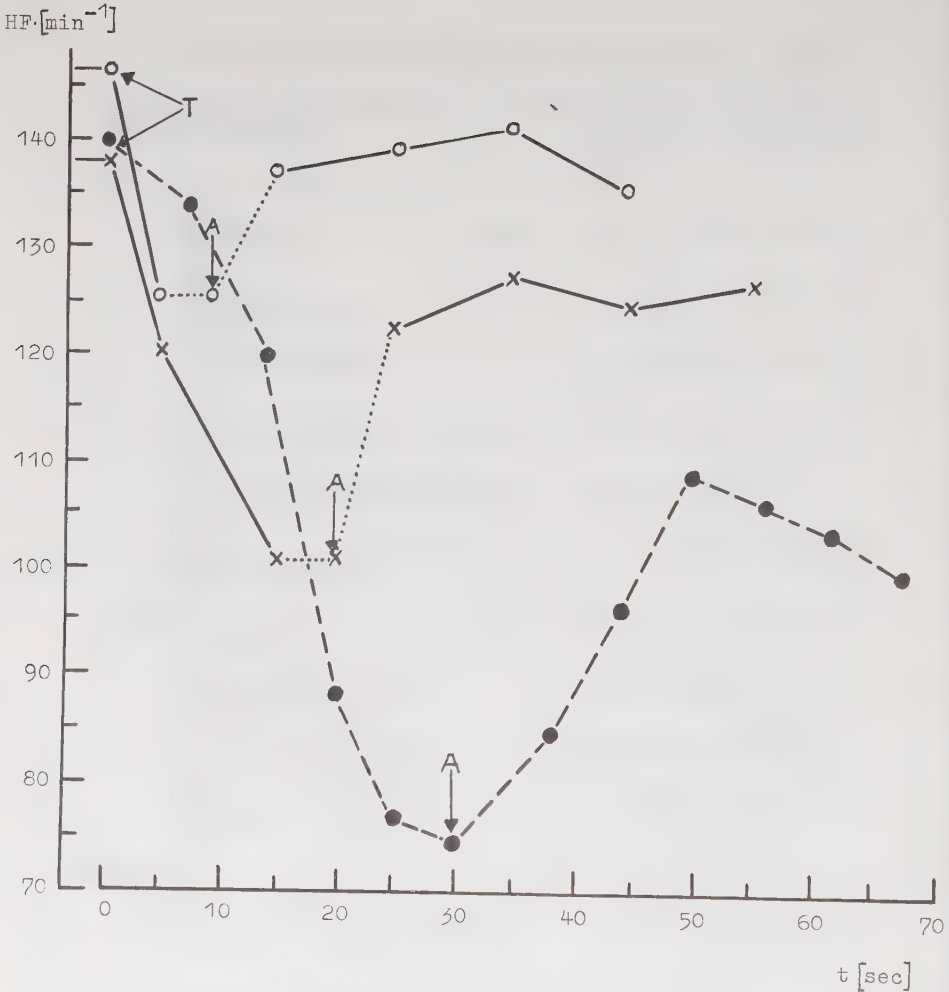


Abb. 2: Das Verhalten der Herzfrequenz nach dem Untertauchen (T) und bei Wiederauftauchen (A) bei 29 Kindern in Alter von 3-7 Jahren. 15 Kinder tauchten bis zu zehn Sekunden (o—o) und 14 Kinder mehr als zehn Sekunden (x—x). Zum Vergleich sind die Werte von Erwachsenen eingezeichnet, die bei fast gleicher Ausgangsfrequenz unter Wasser blieben (•—•) (STEGEMANN und TIBES). Die punktierten Anteile der Kurven der Kinder tragen der Tatsache Rechnung, daß der Augenblick des Auftauchens (A) nicht mit dem 10-sec-Intervall der Messungen zusammenfiel. Der Punkt A könnte (in Analogie zum Verhalten der Erwachsenen) auch früher gelegen sein.

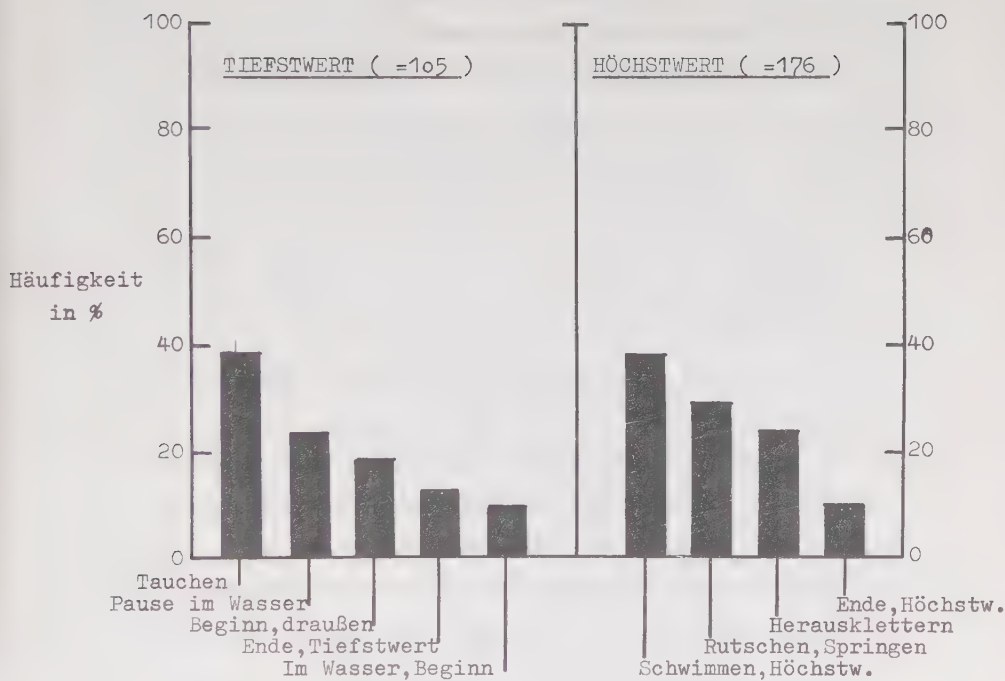


Abb. 4 : Prozentualer Anteil einzelner Phasen des Schwimmunter-
richtes an den Tiefst- bzw. Höchstwerten der Herzfrequenz.

Mädchen beim Herausklettern aus dem Becken erreicht.

In Abbildung 5 sind die Mittelwerte der Herzfrequenzen während einzelner Unterrichtsphasen getrennt für Jungen und Mädchen zur Ausgangsfrequenz in Beziehung gesetzt. In TABELLE 4 sind dieselben Werte mit ihren Standardabweichungen und der jeweiligen prozentualen Differenz zum Ausgangswert wiedergegeben. Es zeigte sich ein mit den Gesamtergebnissen aller 37 Kinder fast völlig übereinstimmendes Verhalten (vergleiche Abb. 2 und Tabelle 3). Die Mittelwertsdifferenzen dieser beiden Gruppen -Jungen und Mädchen- waren sämtlich nicht signifikant. Aus Abbildung 6 ergibt sich dann, daß der Tiefstwert der Herzfrequenz sowohl bei Jungen als auch bei Mädchen am häufigsten beim Tauchen erzielt wurde, der Höchstwert in beiden Gruppen während des Schwimmens (vergleiche Abb. 4).

In Abbildung 7 und TABELLE 5 wurde das Verhalten der Herzfrequenz von Kleinkindern und Schulkindern in einzelnen Unterrichtsphasen miteinander verglichen. Die Ausgangsfrequenz war in beiden Gruppen nahezu identisch, die älteren Kinder erreichten jedoch im Verlauf der Schwimmstunde während fast aller Phasen deutlich höhere Herzfrequenzen.

So ergab die Prüfung der Mittelwertsdifferenzen mit Hilfe des t-Testes signifikante Unterschiede für das Schwimmen am Ende des ersten Drittels, für die Pause danach, für das Schwimmen zu Beginn des letzten Unterrichtsdrittels, für den Höchstwert beim Schwimmen, für das Tauchen, für das Herausklettern, für den ersten Wert draußen nach dem Unterricht, für die Herzfrequenz nach einer Minute Erholung und für den Höchstwert während der gesamten Stunde.

Da sich bereits bei der Gesamtübersicht in Tabelle 5 die

<u>JUNGEN</u>			<u>PHASEN DES UNTERRICHTES</u>	<u>MÄDCHEN</u>		
$\bar{x}$	s	%		$\bar{x}$	s	%
123	10,5		-Beginn, ^{draußen stehend} =Ausgangswert--	119	15,7	
137	12,8	11	-----Auf der Treppe-----	130	14,3	9
130	13,6	6	-----Im Wasser-----	125	15,5	5
143	15,7	16	---Schwimmen, 1. Minute---	141	21,5	18
147	14,1	19	---Schwimmen, 11. Minute---	149	23,3	25
130	13,0	6	-----Pause danach-----	126	22,7	6
152	12,3	24	---Schwimmen, 24. Minute---	151	23,6	27
171	18,5	39	--Schwimmen, Höchstwert--	168	24,3	41
135	17,0	10	--Pause, letztes Drittel--	131	18,2	10
145	18,3	18	-----Vor dem Tauchen-----	134	18,9	13
117	24,3	-5	---Tauchen, Tiefstwert---	108	23,9	-9
135	19,9	10	----Nach dem Tauchen----	126	17,9	6
160	16,0	30	-----Herausklettern-----	159	21,0	36
158	13,0	28	-----Rutschen, Springen----	162	20,0	36
159	19,7	29	---Ende, 1. Wert draußen---	158	25,0	33
130	17,3	6	---Ende, ^{nach 1 Minute} Erholung---	138	21,0	16
107	16,0	-13	---Tiefstwert insgesamt---	103	18,8	-13
177	16,9	44	---Höchstwert insgesamt---	174	23,4	46

TABELLE 4 : Mittelwerte und Standardabweichungen der Herzfrequenz während einzelner Phasen eines Schwimmunterrichtes bei 21 Jungen und 16 Mädchen. Rechte Spalte jeweils die prozentuale Abweichung der Werte von der Ausgangsfrequenz.

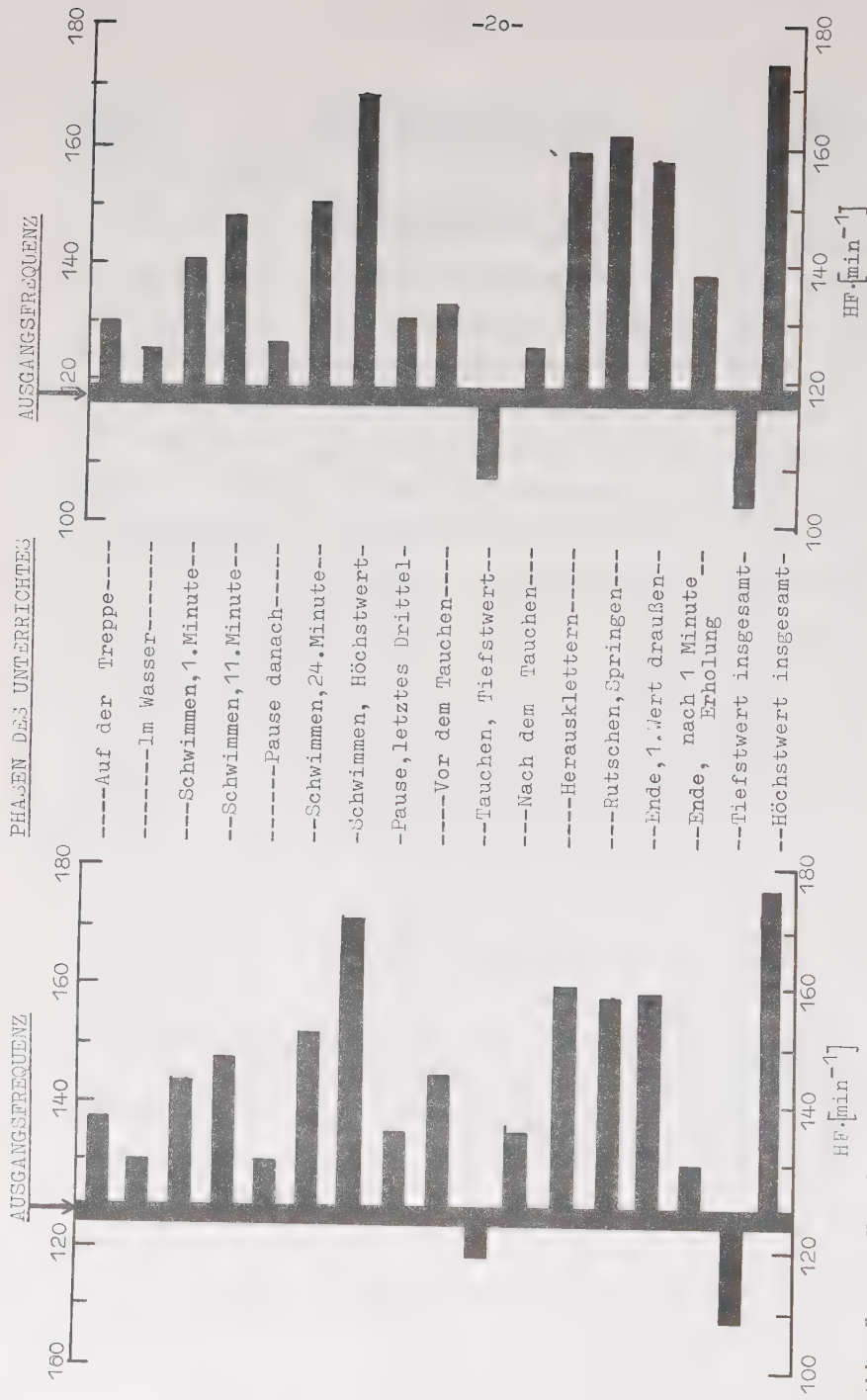


Abb. 5 : Herzfrequenzen während einzelner Phasen einer Schwimmstunde bei 21 Jungen (links) und 16 Mädchen (rechts). Die Werte sind jeweils mit der Ausgangsfrequenz im Stehen zu Beginn verglichen.

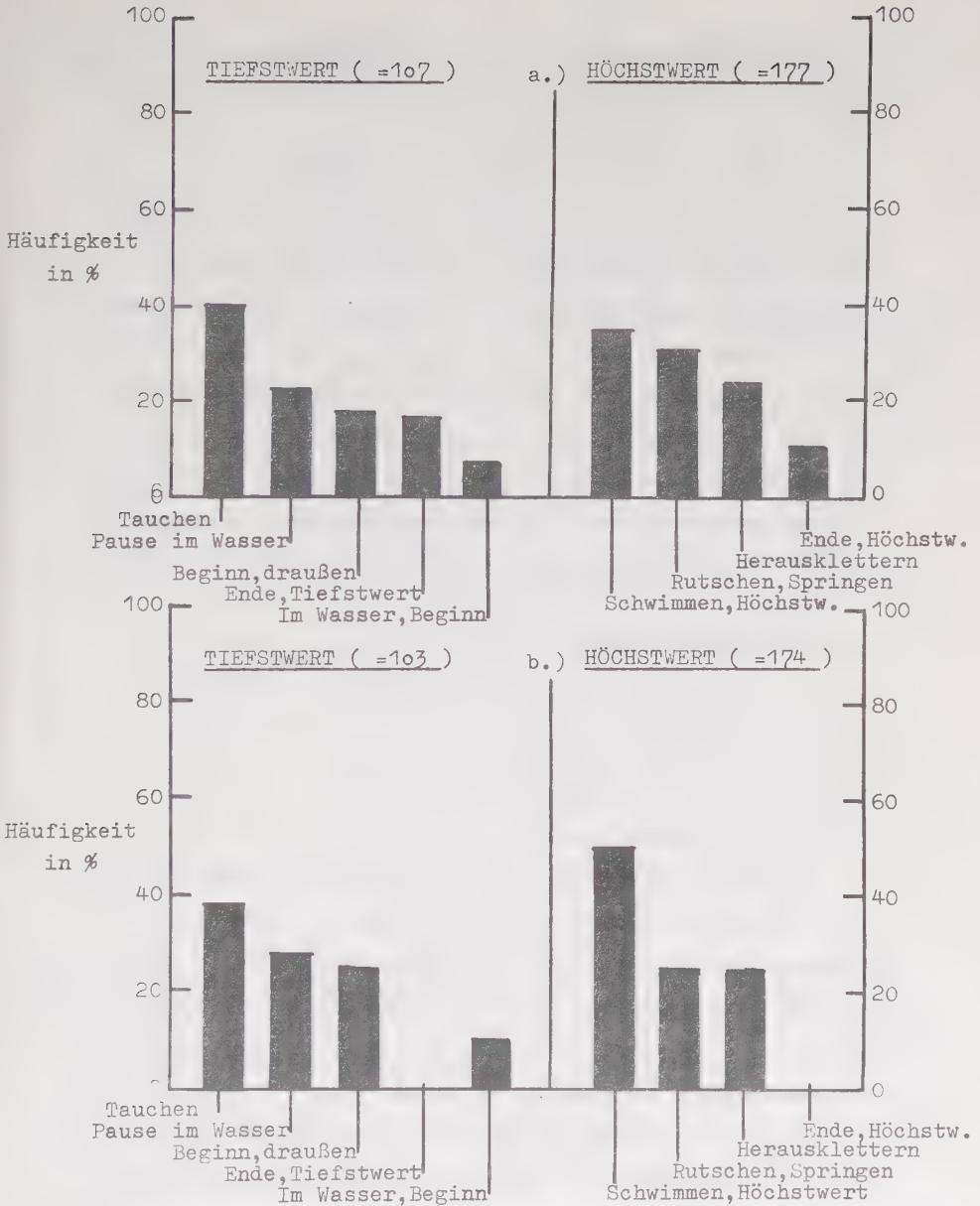


Abb. 6 : Prozentualer Anteil einzelner Phasen des Schwimmunterrichtes an den Tiefst- bzw. Höchstwerten der Herzfrequenz für :
a.) Jungen (oben) und b.) Mädchen (unten).

Tauchwerte von Kleinkindern und Schulkindern signifikant unterschieden, wurde in Abbildung 8 der Versuch unternommen, das Verhalten der Herzfrequenz hierbei noch weiter auf 16 Kleinkinder und 13 Schulkinder zu unterteilen. Trotz sehr unterschiedlicher Ausgangsfrequenz kam doch ein ziemlich gleichartiger Kurvenverlauf zustande. Eine besonders deutliche Bradykardie entwickelten diejenigen Kinder, welche länger als zehn Sekunden tauchten. Hier erreichte die Herzfrequenz nach 15 Sekunden bereits Werte von 90 min^{-1} bei den Kleinkindern und von 115 min^{-1} bei den Schulkindern, welche 45 bzw. 34 Schläge unter dem Ausgangswert vor dem Tauchen lagen. Die Prüfung der Mittelwertsdifferenzen mittels des t-Testes ergab für die beiden kürzer tauchenden Teilgruppen keine signifikanten Unterschiede. Für die beiden Teilgruppen jedoch, welche länger als 10 Sekunden tauchten, wurden folgende t-Werte bestimmt:

	<u>t - Wert</u>
1. Vor dem Tauchen (Niveau)	1,9815
2. Tauchen (erstes 10-Sekunden-Intervall)	2,7501 **
3. Tauchen (zweites 10-Sekunden-Intervall)	2,4100 *
4. Nach dem Tauchen (Niveau)	0,9406

Abbildung 9 zeigt den Verlauf der Herzfrequenz nach Beendigung des Unterrichtes wieder für Klein- und Schulkinder getrennt. Trotz des um 20 Schläge differierenden ersten Wertes nach Verlassen des Beckens, zeigte sich ein gleichförmiges, rasches Absinken der Herzfrequenz in den ersten 60 Sekunden der Erholungsphase. Danach ging die Herzfrequenz in einen wellenförmigen Verlauf über. Nach der ersten Erholungsminute hatten bereits zehn Kleinkinder und sechs Schulkinder ihre Ausgangsfrequenz wieder erreicht.

KLEINKINDER			PHASEN DES UNTERRICHTES	SCHULKINDER			t-Wert der Differenz
$\bar{x}$	s	%		$\bar{x}$	s	%	
120	11,2		-Beginn, draußen stehend = Ausgangswert	123	14,9		
131	11,3	9	-----Auf der Treppe-----	137	16,3	11	
127	12,8	6	-----Im Wasser-----	129	16,4	5	
129	17,3	8	---Schwimmen, 1. Minute---	146	18,8	19	
141	16,0	17	---Schwimmen, 11. Minute---	157	17,7	28	2,8863**
123	16,0	2	-----Pause danach-----	134	18,1	9	2,0448*
144	16,3	20	---Schwimmen, 24. Minute---	160	15,9	30	2,9912**
159	17,8	32	--Schwimmen, Höchstwert--	182	16,8	48	4,1505***
129	15,7	8	--Pause, letztes Drittel--	138	18,7	12	
134	15,3	12	-----Vor dem Tauchen-----	148	21,5	20	
105	23,5	42	---Tauchen, Tiefstwert---	124	21,7	1	2,1595*
127	15,8	6	-----Nach dem Tauchen-----	136	22,3	11	
153	16,3	27	-----Herausklettern-----	167	17,7	36	2,2571*
154	16,7	28	-----Rutschen, Springen-----	165	14,4	34	
149	19,2	24	---Ende, 1. Wert draußen---	170	20,0	38	3,2120**
128	16,4	7	-----Ende, nach 1 Minute Erholung---	141	19,8	15	2,2998*
100	16,5	47	--Tiefstwert insgesamt--	111	16,4	40	
167	17,7	39	--Höchstwert insgesamt--	186	16,8	51	3,4313***

TABELLE 5 : Mittelwerte und Standardabweichungen der Herzfrequenz während einzelner Phasen einer Schwimmstunde bei 20 Kleinkindern im Alter von 3-5 Jahren und 17 Schulkindern im Alter von 6-10 Jahren. In der rechten Spalte sind die t-Werte der Mittelwertsdifferenzen dieser beiden Gruppen angeführt. Die prozentuale Abweichung der Frequenzen vom Ausgangswert ist ebenfalls angegeben.

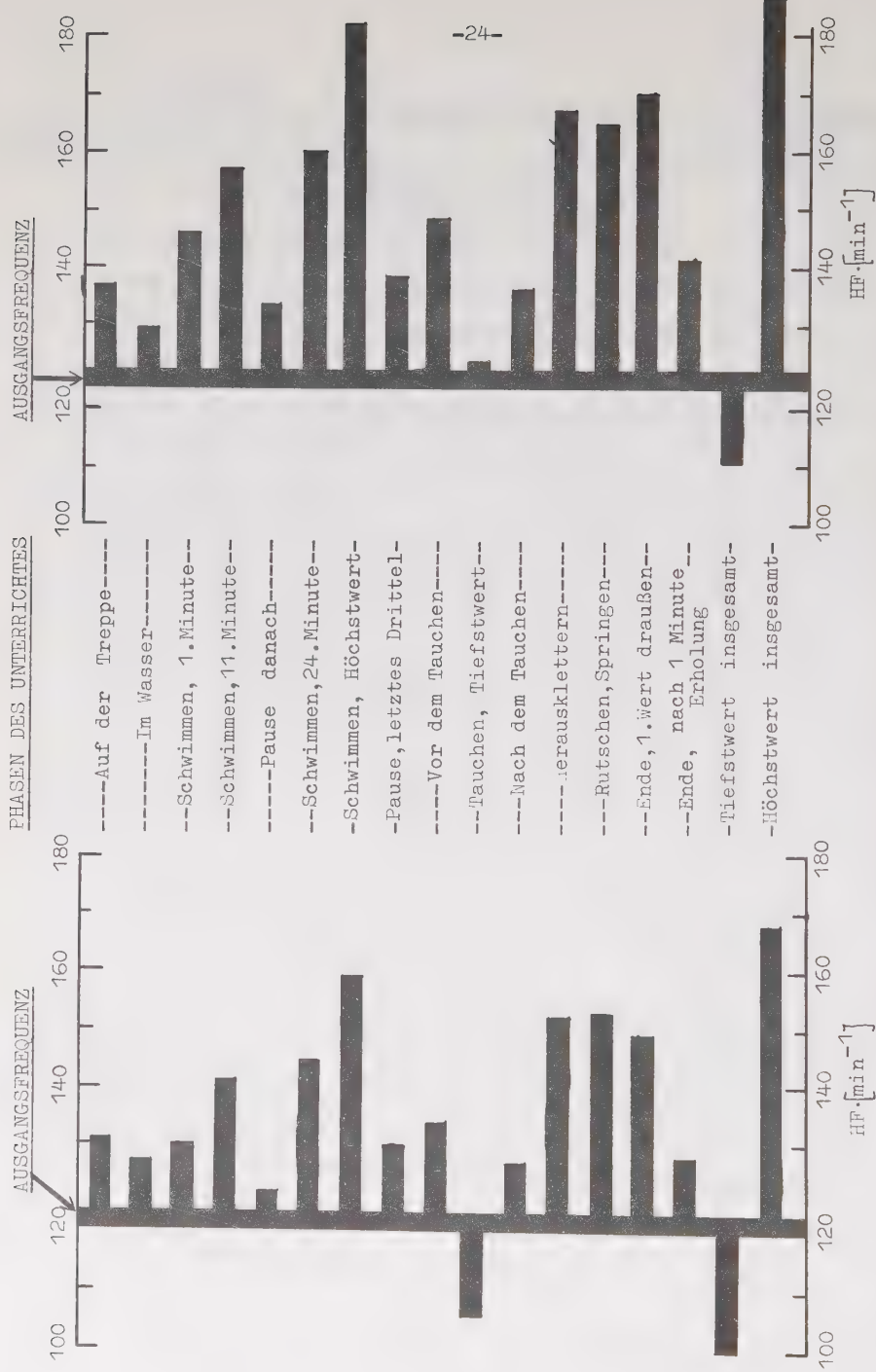


Abb. 2 : Herzfrequenzen während einzelner Phasen einer Schwimmstunde bei 20 Kleinkindern (links) und 17 Schulkindern (rechts). Die Werte sind jeweils mit der Ausgangsfrequenz im Stehen verglichen.

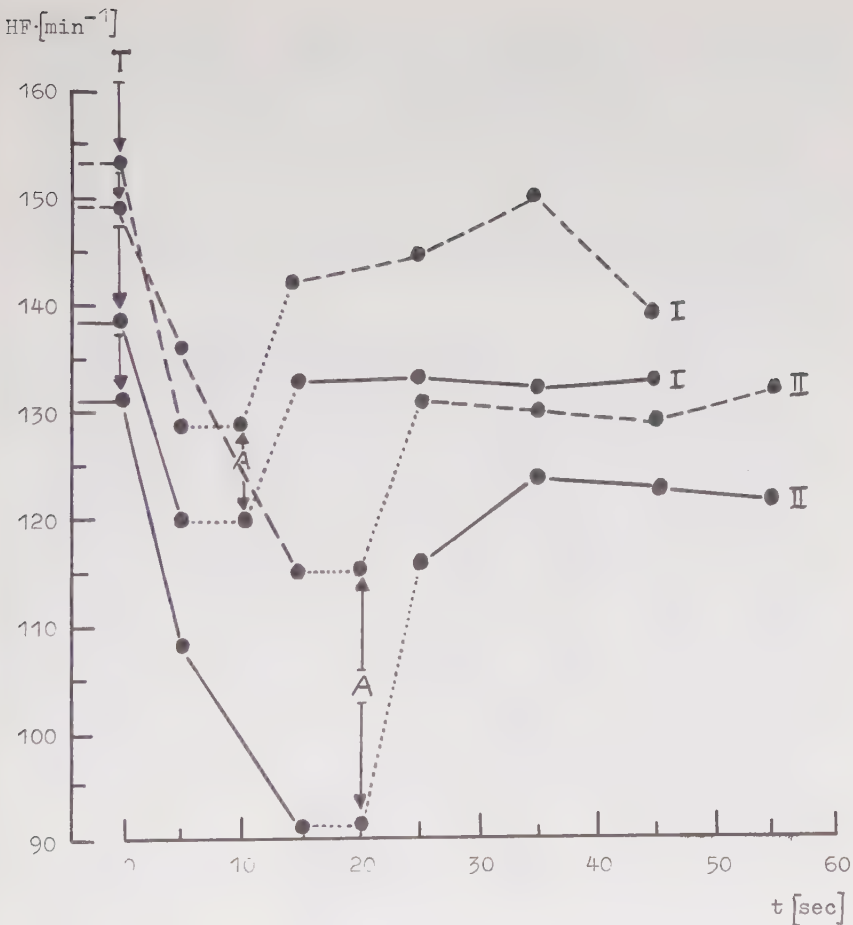


Abb. 8 : Das Verhalten der Herzfrequenz nach dem Untertauchen (T) und nach Wiederauftauchen (A) bei 16 Kleinkindern (●—●) und 13 Schulkindern (●---●). Die Kurven sind jeweils getrennt gezeichnet für: a) Kinder, die bis zu 10 Sekunden tauchten (I) und b) Kinder, die mehr als 30 Sekunden tauchten (II). Punktierte Abschnitte der Kurven: siehe Legende zu Abb.3 .

Bei der Untersuchung der Höchst- bzw. Tiefstwerte der Herzfrequenz (siehe Abbildung 10) fiel auf, daß der Tiefstwert bei den Kleinkinder häufiger in die Tauchphase fiel als bei den Schulkindern. Außerdem wurde der höchste Wert von den größeren Kindern meistens beim Schwimmen erreicht, bei den Kleinkindern überraschenderweise beim Hineinrutschen oder Hineinspringen.

Schließlich wurde in Abbildung 11 und TABELLE 6 untersucht, ob die Anzahl der bereits absolvierten Unterrichtsstunden einen Einfluß auf das Verhalten der Herzfrequenz im Verlauf eines Schwimmkurses hat. Hiermit sollte gleichzeitig erfaßt werden, inwieweit das Tragen einer Oberarmschwimmhilfe den Kreislauf des Probanden schonte. Es trugen nämlich die meisten Kinder, die zwischen der 4. und 10. Stunde getestet wurden, noch die Schwimmhilfe, während die Kinder der 11. bis 18. Stunde sie im allgemeinen abgelegt hatten. Bis auf die Herzfrequenz am Ende des ersten Unterrichtsdrittels ($t=2,7428^{**}$) ließ sich für keines der einander entsprechenden Mittelwertspaare ein signifikanter Unterschied nachweisen.

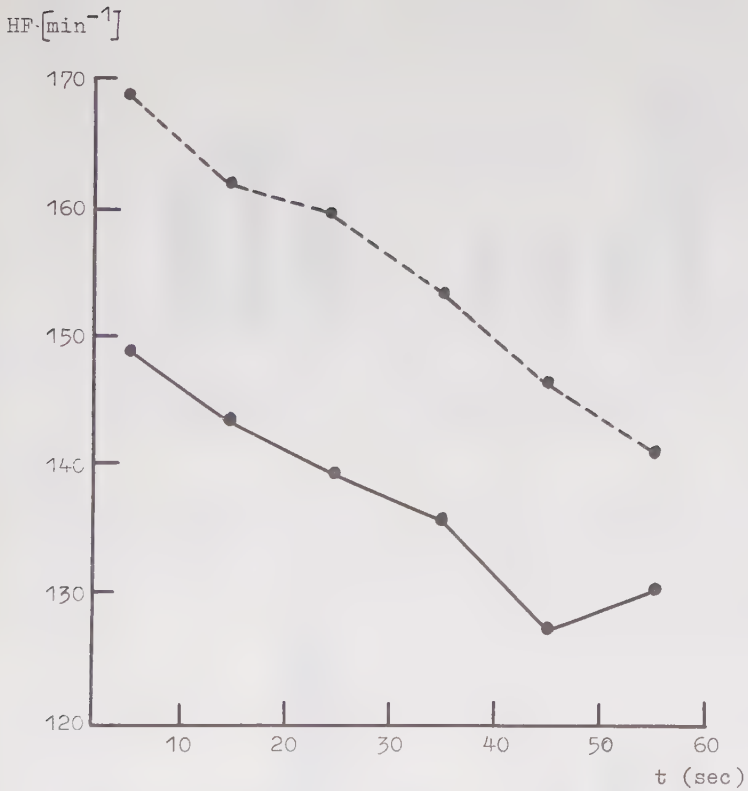


Abb. 9 : Das Verhalten der Herzfrequenz in der Erholungsphase bis 60 Sekunden nach Verlassen des Beckens für :
a.) Kleinkinder (●—●) und
b.) Schulkinder (●---●).

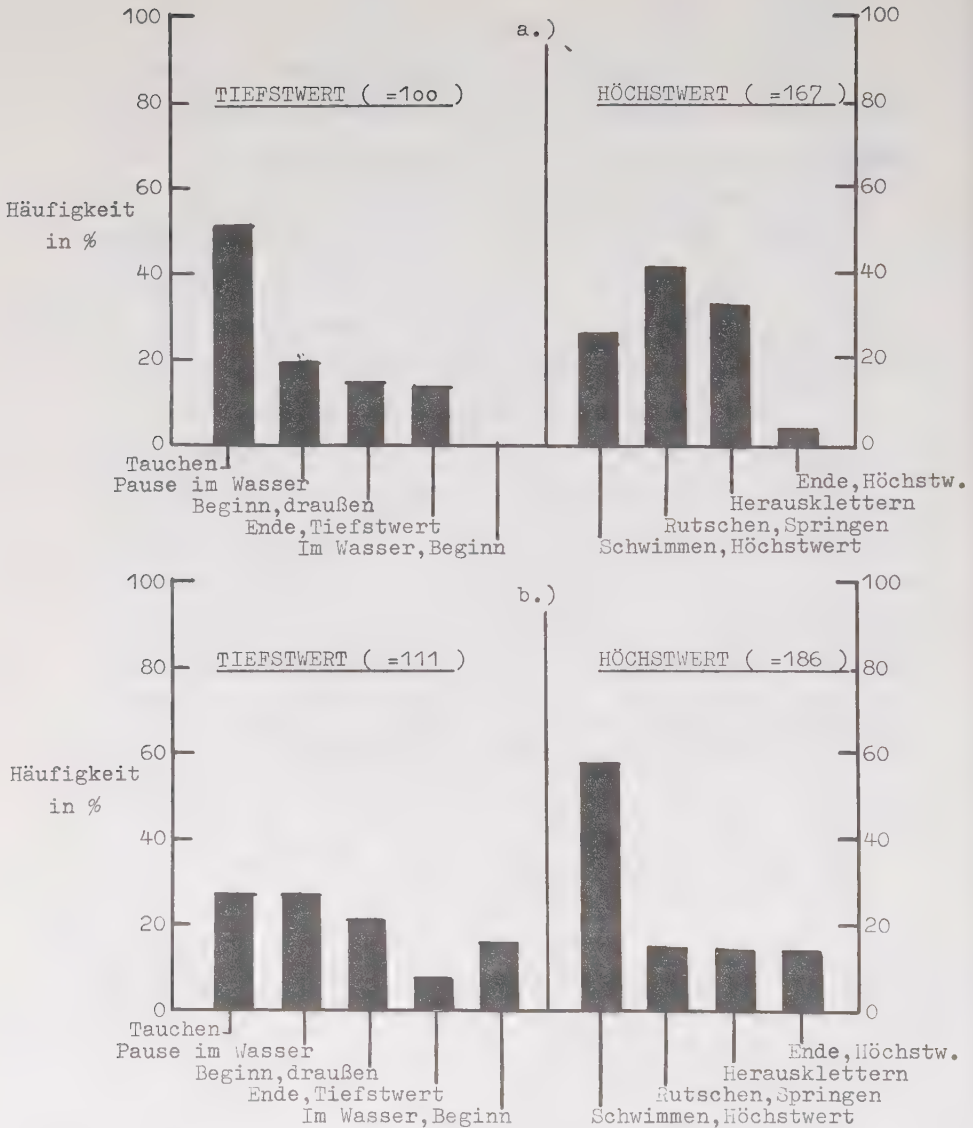


Abb. 10 : Prozentualer Anteil einzelner Phasen des Schwimmunterrichtes an den Tiefst- bzw. Höchstwerten der Herzfrequenz für :
a.) Kleinkinder (oben) und b.) Schulkinder (unten).

4.-10.STUNDE			PHASEN DES UNTERRICHTES	11.-18.STUNDE		
$\bar{x}$	s	%		$\bar{x}$	s	%
122	12,2		-Beginn, draußen stehend- =Ausgangswert-	120	14,0	
135	14,1	11	-----Auf der Treppe-----	133	14,0	11
125	14,8	2	-----Im Wasser-----	130	14,0	8
137	15,2	12	---Schwimmen,1. Minute---	148	20,0	23
141	13,3	16	---Schwimmen,11.Minute---	156	20,5	30
125	13,1	2	-----Pause danach-----	132	21,7	10
146	14,0	20	---Schwimmen,24.Minute---	158	20,0	32
164	19,2	34	---Schwimmen,Höchstwert--	176	21,7	47
128	15,2	5	--Pause,letztes Drittel--	140	18,4	17
141	16,0	16	-----Vor dem Tauchen-----	140	23,0	17
117	24,0	-4	---Tauchen, Tiefstwert---	109	24,6	-9
130	19,1	6	----Nach dem Tauchen----	132	20,2	10
155	18,4	27	-----Herausklettern-----	163	17,4	36
158	16,5	29	----Rutschen,Springen----	160	16,2	33
157	21,8	29	---Ende,1.Wert draußen---	161	22,6	34
133	17,7	9	---Ende, nach 1 Minute Erholung---	135	21,0	12
106	14,9	-13	--Tiefstwert insgesamt--	104	20,0	-13
170	20,8	39	--Höchstwert insgesamt--	183	16,4	52

TABELLE 6 : Mittelwerte und Standardabweichungen der Herzfrequenz während einzelner Phasen eines Schwimmunterrichtes bei 20 Kindern, die in der 4.-10. Unterrichtsstunde und 17 Kindern, die in der 11.-18. Stunde standen. In der rechten Spalte ist jeweils die prozentuale Abweichung vom Ausgangswert angegeben.

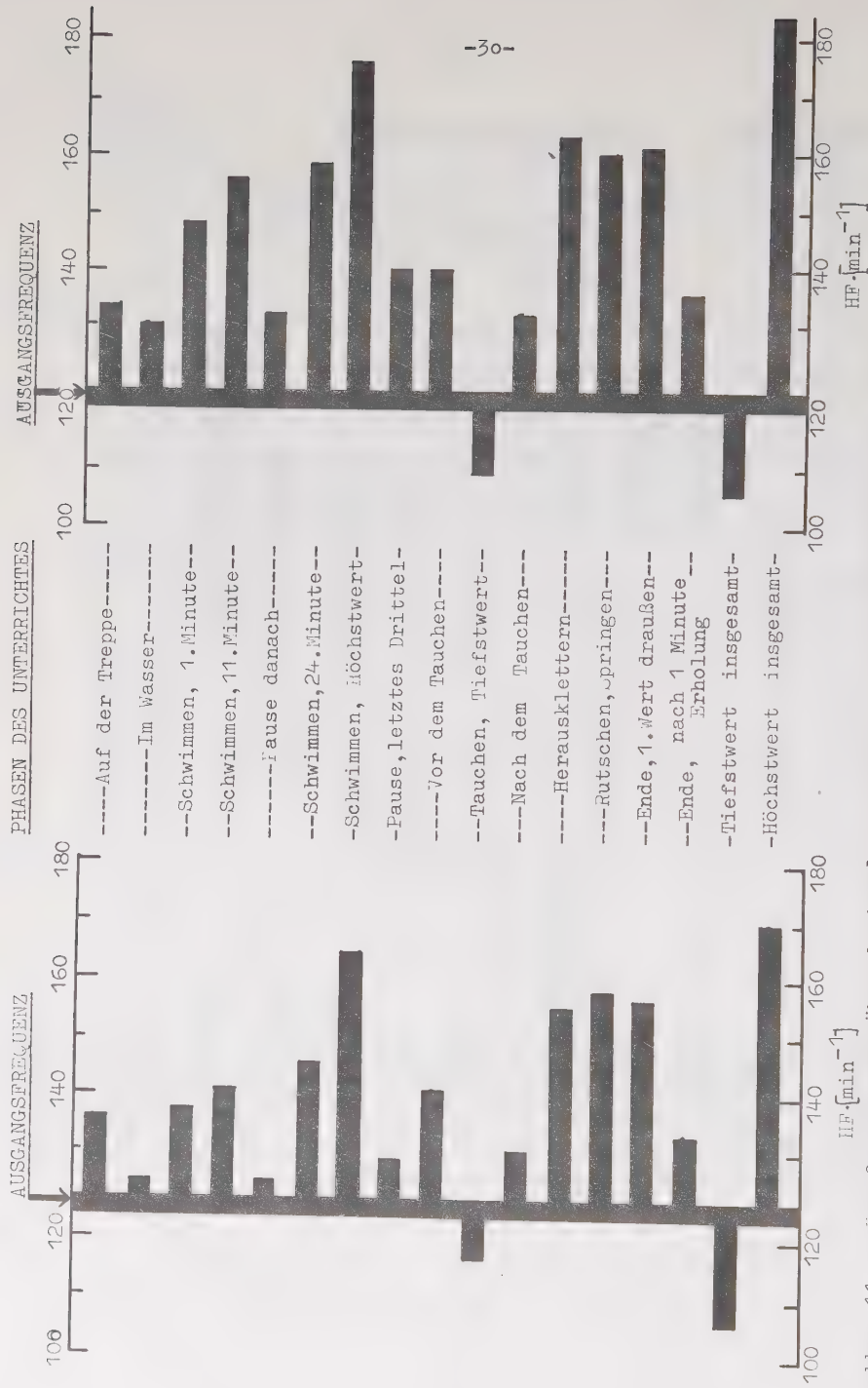


abb. 11: Herzfrequenzen während einzelner Phasen einer Schwimmstunde bei 20 Kindern, die in der 4.-10. Stunde (links); und 17 Kindern, die in der 11.-18. Stunde standen (rechts). Die Werte sind mit der Ausgangsfrequenz im Stehen zu Beginn verglichen.

IV. DISKUSSION

Aus unseren Untersuchungen geht hervor, daß die Herzfrequenz im Verlauf einer Schwimmstunde erheblichen Schwankungen unterworfen ist, bei unseren Probanden zwischen durchschnittlich 105 und 176 Schlägen pro Minute. Die Änderungen der Herzfrequenz traten häufig außerordentlich rasch ein, so daß sich von einer 10-Sekunden-Periode ^{zur nächsten} vereinzelt Differenzen bis zu 36 min^{-1} fanden. In diesem Zusammenhang muß erwähnt werden, daß einerseits die von uns vorgenommene Errechnung der Herzfrequenzen -Multiplikation der in 10-Sekundenabständen ausgedruckten Pulssummen mit dem Faktor sechs- im Einzelfall einen maximalen Fehler von ± 6 pro Minute bedeuten kann, der allerdings durch statistische Ausarbeitung ausgeglichen wird. Andererseits handelt es sich bei den von uns ermittelten Herzfrequenzen um mittlere Werte während 10-Sekunden-Intervallen, so daß wir nicht entscheiden können, ob eine etwaige Änderung am Anfang, in der Mitte oder am Ende dieses Zeitabschnittes zustande gekommen ist. Dies muß beispielsweise bei der Beurteilung des Tauchvorganges berücksichtigt werden.

Vieles spricht dafür, daß die Veränderungen der Herzfrequenz im Verlauf des Unterrichtes nicht nur energetisch bedingt waren. Hier ist besonders anzuführen die durchschnittliche Steigerung der Herzfrequenz um 12 Schläge pro Minute, wenn die Kinder auf der Treppe dem Wasser 'gegenüberstanden'. Dieser Anstieg erfolgte über einen schon relativ hohen Ausgangswert von 122 min^{-1} , der wohl zum Teil eine Erwartungsspannung auch gegenüber der Untersuchungsmethode widerspiegelte. Ebenso für die 37 min^{-1} über dem Ausgangswert liegenden Frequenzen beim

Hineinrutschen oder -springen ließ sich eine primär metabolische Ursache nicht erkennen. Untersuchungen von GILLESPIE weisen darauf hin, daß psychische Einflüsse sowie zusätzliche mentale Belastung bei leichter Arbeit am Fahrradergometer Störgrößen darstellen, durch die die Herzfrequenz über das energetisch zu erwartende Maß hinaus erhöht wird. Darüberhinaus muß bei Erwachsenen (CHRISTIAN) und besonders bei Kindern (RUTENFRANZ et al.) noch mit emotional bedingter Erhöhung der Pulsfrequenz gerechnet werden. Es scheint erwiesen, daß psychische Einflüsse auf die Höhe der Herzfrequenz umso eher erfolgen, je niedriger der Leistungsbereich liegt, in dem sich die Kinder bewegen. (MOCELLIN und RUTENFRANZ).

Keine psychischen Ursachen hat die beim Tauchen zu beobachtende Bradykardie mit einem -je nach Tauchdauer- mittleren Absinken der Herzfrequenz um 21 bzw. 38 Schläge unter den vorhergehenden Wert. Sie wurde zuerst bei tauchenden Säugetieren beschrieben und zwar 1870 von BERT an Enten, geriet lange in Vergessenheit, um dann im letzten Jahrzehnt wieder ausgiebig erforscht zu werden. So entwickelt zum Beispiel der Seehund beim Untertauchen eine sofort einsetzende Bradykardie von $\frac{1}{10}$ seiner Ruhefrequenz. (ANDERSEN). Wie aus Untersuchungen von ELSNER und LENFANT hervorgeht, kommt es bei tauchenden Säugetieren neben einer oft erheblichen Bradykardie zu einer Umverteilung des zirkulierenden Blutes, so daß im wesentlichen Herz und Gehirn durchströmt werden und die Zufuhr zu den übrigen Versorgungsgebieten stark gedrosselt wird. Dabei bleibt trotz einer Verminderung des Herzminutenvolumens erstaunlicherweise der arterielle Druck im allgemeinen unverändert.

Diese Tauchbradykardie kann als Vaguswirkung angesehen

werden und kommt reflektorisch zustande. Über den afferenten Schenkel dieses Reflexes ist bisher noch nichts gesichert. Beim Menschen läßt sich dieser Tauchreflex -wenigstens zum Teil- schon durch Eintauchen des Gesichtes in Wasser beim Atemanhalten in mäßiger Inspirationsstellung erzeugen (BRICK; KAWAKAMI; CRAIG; PAULEV). Atemanhalten allein nach mäßiger Einatmung erzeugt dagegen nur eine wesentlich geringer ausgeprägte Bradykardie, wie aus Vergleichsexperimenten bekannt ist (BOVE et al.; STRÖMME, KEREM und ELSNER). Der Tauchreflex ist sowohl in Ruhe als auch bei körperlicher Arbeit nachweisbar und betrifft trainierte Personen wie Untrainierte (CRAIG und MEDD; STRÖMME, KEREM und ELSNER).

Unsere Untersuchungen zeigen, daß die Tauchbradykardie auch bei Kindern unabhängig vom Alter voll ausgebildet ist. Der mittlere Abfall der Herzfrequenz betrug bei den mehr als zehn Sekunden tauchenden Kleinkindern 45, bei den Schulkindern 34 Schläge pro Minute. STEGEMANN beschreibt, daß die Tauchbradykardie nach einer Latenzzeit von zehn Sekunden eintritt. Auf Grund unserer Daten können wir lediglich nachweisen, daß der Abfall der Pulsfrequenz innerhalb der ersten zehn Sekunden nach Beginn des Tauchens einsetzt (vergleiche Abb. 3). An Hand von Beobachtungen des EKG's und der optischen und akustischen Kontrolle der Herzfrequenz während der Messungen können wir aber sagen, daß die Tauchbradykardie unmittelbar nach dem Untertauchen eintrat. Die von uns gewählte Methode der Registrierung läßt -wie schon erwähnt- keine weitere Aufgliederung der Pulsveränderungen innerhalb einer 10-Sekunden-Periode zu. Hierzu wäre vielmehr die fortlaufende Aufzeichnung einzelner R-R-Abstände des EKG's notwendig. Mit Hilfe derartiger Bestimmungen

stellten ELSNER et al. sowie SRTØMME, KEREM und ELSNER bei Erwachsenen im Einzelfall kurzfristige Herzfrequenzwerte von 13 bzw. 9 Schlägen pro Minute fest. Wir halten es für wahrscheinlich, daß mit fortlaufender EKG-Registrierung auch bei Kindern ein noch erheblicheres Absinken der Herzfrequenz nachgewiesen werden kann, als es uns mittels unserer Meßvorrichtung möglich war.

Der Höchstwert der Herzfrequenz war bei den Kleinkindern im Durchschnitt 159 min^{-1} und bei den Schulkindern 182 min^{-1} während des Schwimmens. KEUL, ZIPPELIUS und HENRICH fanden bei trainierten jungen Erwachsenen während eines Intervallschwimmens im Mittel Werte bis zu 176 min^{-1} , BASSAN berichtet über mittlere maximale Werte von 170 min^{-1} ebenfalls bei jungen Erwachsenen und MEYTHALER und SCHMIDT stellten hierbei Herzfrequenzen von 173 min^{-1} fest. MAGEL, McARDLE und GLASER ermittelten auf kürzeren Schwimmstrecken Werte bis zu 181 min^{-1} , auf längeren Distanzen bis zu 173 min^{-1} . In Einzelfällen werden jedoch maximale Herzfrequenzen von 200 min^{-1} erreicht (ARUCEV; KASTNER et al.; KEUL, ZIPPELIUS und HENRICH). Die höchsten Werte unseres Untersuchungsgutes betrugen während des Schwimmens 198 min^{-1} bei einem 5-jährigen Mädchen, 210 min^{-1} bei einem 6-jährigen Mädchen und 204 min^{-1} bei einem 6- und einem 7-jährigen Jungen.

Bei den von uns zitierten mittleren Höchstwerten anderer Autoren war die Leistung für die entsprechende Strecke jeweils maximal. Die von uns bestimmten Maximalwerte beim Schwimmen wurden dagegen bei kurzfristigen, in spielerischer Form durchgeführten Wettbewerben erzielt. Dabei zeigte sich, daß die Motivationschwelle der älteren Kinder im allgemeinen erheblich

niedriger war als bei den Kleinkindern, welche oft trotz Ermunterung nicht dazu bewegt werden konnten, die von ihnen als angenehm empfundene Geschwindigkeit beim Schwimmen zu steigern. Überhaupt waren die jüngeren Kinder immer darauf bedacht, möglichst viele Pausen einzulegen, und somit größere Distanzen im Intervalltempo hinter sich zu bringen. Eine ähnliche Beobachtung liegt von KLIMT vor, der jüngere Kinder zur Herzfrequenzregistrierung im Tretauto fahren ließ. Dementsprechend wurde der Höchstwert der Herzfrequenz in dieser Gruppe meistens nicht während des Schwimmens, sondern beim Herausklettern und Springen und Rutschen erzielt. Diese Phasen waren aber diejenigen, bei denen keine Leistung verlangt wurde, sondern welche die Kinder als Belohnung geboten bekamen.

Bei den größeren Kindern ließ sich dagegen nach unserem Eindruck die Leistung nicht mehr wesentlich steigern, so daß anzunehmen ist, daß mit 182 min^{-1} die maximale Herzfrequenz beim Schwimmen für kurze Distanzen nahezu erreicht war. Die mittlere maximale Herzfrequenz beträgt jedoch bei Kindern $195 - 200 \text{ min}^{-1}$ (zusammenfassende Darstellung der Literatur bei ERIKSSON). Bei einem 350 - Meter Hallenlauf zum Beispiel ermittelte KLIMT einen Anstieg der Herzfrequenz 8- bis 10-jähriger Kinder bis auf 200 min^{-1} .

Diese Diskrepanz findet sich auch in Untersuchungen von MEYTHALER und SCHMIDT sowie MAGEL, McARDLE und GLASER, die bei vergleichenden Messungen an Erwachsenen beim Laufen eine um 13 - 14 Schläge höhere maximale Herzfrequenz fanden als beim Schwimmen. Darüberhinaus fanden McARDLE, GLASER und MAGEL bei Untersuchungen an Erwachsenen, die auch die O_2 -Aufnahme einschlossen, daß auf allen Stufen der Sauerstoffaufnahme die Herzfrequenz

beim Schwimmen niedriger war als beim Laufen. Hierfür kommen verschiedene Ursachen in Frage.

Die wichtigste ist wohl, daß die Herzfrequenz im Liegen niedriger ist als im Stehen, weil hier der venöse Rückstrom zum Herzen erleichtert wird und dadurch das Schlagvolumen ansteigt (BEVEGÅRD, HOLMGREN und JONSSON; MELLEROWICZ). Eine weitere Ursache dürfte durch das Wasser als Umgebungsmedium gegeben sein. Das bedingt zum einen, daß oberflächliche Venen leergedrückt werden und dadurch, wie SJÖSTRAND festgestellt hat, das zentrale Blutvolumen um 300-500 ml vergrößert wird. Zum anderen strömt durch die gegenüber Luft wesentlich höhere Wärmeleitfähigkeit des Wasser die im Körper entstehende Reaktionswärme besser ab. Zudem fand CRAIG heraus, daß die in Bezug auf die Herzfrequenz neutrale Wassertemperatur bei 35°C liegt, während Temperaturen, die darunter sind, eine Senkung der Frequenz um 6-8 Schläge pro Minute bewirken. Bei unseren Messungen betrug die Wassertemperatur 32°C . In diesem Zusammenhang ist interessant, daß bei unseren Probanden die Herzfrequenz sofort um durchschnittlich 6 min^{-1} absank, nachdem sie über die Treppe gegangen und mit dem ganzen Körper (aber nicht mit dem Gesicht) ins Wasser getaucht waren.

Insgesamt gesehen kann man auf Grund der von uns ermittelten Daten die Tendenz befürworten, bereits Kleinkindern einen Schwimmunterricht zu erteilen. Denn obwohl die Herzfrequenz auch in dieser Gruppe erheblichen Schwankungen unterworfen ist, scheint die Kreislaufbelastung wohl kaum über der einer Stunde auf dem Spielplatz zu liegen. Bereits bei Alltagsbelastungen wurden nämlich von FISCHER und PECHSTEIN für Kinder Herzfrequenzwerte von gelegentlich 200 min^{-1} gefunden.

V. ZUSAMMENFASSUNG

Es wird über radiotelemetrische Herzfrequenzmessungen berichtet, die während des regulären Schwimmunterrichtes an 37 Kindern im Alter von 3 bis 10 Jahren durchgeführt wurden.

Der im Stehen gewonnene Ausgangswert war dabei mit 122 min^{-1} relativ hoch. Beim Schwimmen erreichte die Herzfrequenz dann Werte, die im Mittel bei 150 min^{-1} lagen, aber auf durchschnittlich maximal 170 min^{-1} anstiegen. Die höchsten Einzelwerte betrugen hier 210 min^{-1} bei einem 6-jährigen Mädchen und 204 min^{-1} bei einem 6- und einem 7-jährigen Jungen.

Beim Tauchen sank die Herzfrequenz erheblich unter den zuvor gemessenen Wert ab, und zwar bei einer Dauer bis zu zehn Sekunden um 21 min^{-1} und bei einer Dauer von 10 bis 20 Sekunden um 38 min^{-1} . Nach dem Tauchen stieg die Herzfrequenz rasch wieder an, blieb jedoch noch einige Zeit unter dem vor dem Tauchen gemessenen Wert. Während des Tauchens wurden in unserem Untersuchungsgut die tiefsten Einzelwerte registriert, und zwar bei zwei 5-jährigen Jungen mit jeweils 72 min^{-1} .

Die mittlere Herzfrequenz beim Hineinrutschen bzw. -springen übertraf mit 159 min^{-1} die mittleren Werte beim Schwimmen. Die jüngeren Kinder erreichten sogar während des Rutschens und Springens häufiger den höchsten Wert als beim Schwimmen.

Im allgemeinen erzielten Schulkinder während der meisten Phasen der Schwimmstunde höhere Herzfrequenzen als Kleinkinder. Zum Beispiel betrug der Höchstwert beim Schwimmen für Kleinkinder 159 min^{-1} , für Schulkinder hingegen 182 min^{-1} . Dies lag daran, daß die größeren Kinder auf spielerische Anreize viel intensiver reagierten als die kleineren.

VI. LITERATUR

1. ANDERSEN, H.T.:
Physiological adaptations in diving vertebrates.
Physiological Reviews 46, 212 (1966)
2. ANDREW, G.M., M.R. BECKLAKE, J.S. GULIERA, D.V. BATES:
Heart and lung functions in swimmers and nonathletes
during growth.
J. Appl. Physiol. 32(2), 245 (1972)
3. ARUCEV, A.A.:
Untersuchungen der Herztätigkeit mit Hilfe der kontinuierlichen Registrierung der Frequenz der Herzschläge beim Schwimmen und Tauchen.
Theor. prakt. fiz. kult. 25, No.10, 36 (1962)
4. ÅSTRAND, P.-O., L. ENGSTRÖM, B.O. ERIKSSON, P. KARLBERG, I. NYLANDER, B. SALTIN, C. THOREN:
Girl swimmers.
Acta Paediatrica Scand. Vol 52, Suppl. 147 (1963)
5. BASSAN, L.:
Radiotelemetrische Untersuchung der Herzfrequenz während des Schwimmens.
Theorie und Praxis der Körperkultur No.7, 635 (1967)
6. BERT, P.:
Leçons sur la physiologie comparée de la respiration.
Paris: Baillière 1870, 526-553
7. BEVEGÅRD, S., A. HOLMGREN, B. JONSSON:
The effect of body position on the circulation at rest and during exercise, with special reference to the influence of the stroke volume.
Acta Physiol. Scand. 49, 279 (1960)
8. BOVE, A.A., P.R. LYNCH, J.V. CONNELL, J.M. HARDING:
Diving reflex after physical training.
J. Appl. Physiol. 25, 70 (1968)
9. BRICK, I.:
Circulatory responses to immersing the face in water.
J. Appl. Physiol. 21, 33 (1966)
10. CHRISTIAN, P.:
Funktionsdiagnostik mit telemetrischen Methoden unter Einschluß psychosomatischer Aspekte.
Münchener Med. Wochenschrift 112, 270 (1970)

11. CRAIG, A.B.:
Heart rate responses to apneic underwater diving and to breath holding in man.
J. Appl. Physiol. 18, 854 (1963)
12. CRAIG, A.B., J.R. und M. DVORAK:
Thermal regulation during water immersion.
J. Appl. Physiol. 21, 1577 (1966)
13. CRAIG, A.B., J.R. und W.L. MEDD:
Man's responses to breath-hold exercise in air and in water.
J. Appl. Physiol. 24, 773 (1968)
14. CRAIG, A.B., J.R. und M. DVORAK:
Thermal regulation of man exercising during water immersion.
J. Appl. Physiol. 25, 28 (1968)
15. DIETRICH, R.:
Ergebnisse von spiroergometrischen Längsschnittuntersuchungen an trainierten Kindern und Jugendlichen im Schwimmen.
In: MELLEROWICZ, H, G. HANSEN (Hrsg.): II. Internationales Seminar für Ergometrie, Berlin 1967
16. ELSNER, R.:
Cardiovascular adjustments to diving.
In: ANDERSEN, H.T. (Hrsg.): The biology of marine mammals.
New York: Academic 1969, 117-145
17. ELSNER, R., D.L. FRANKLIN, R.L. VAN CITTERS, D.W. KENNEY:
Cardiovascular defence against asphyxia.
Science 153, 941 (1966)
18. ERIKSSON, B.:
Physical training, oxygen supply and muscle metabolism in 11-13 year old boys.
Acta Physiol. Scand. Suppl. 384 (1972)
19. FISCHER, M. und J. PECHSTEIN:
Hohe kindliche Pulsfrequenzen bei Alltagsbelastungen.
Z. Kinderheilkunde 106, 333 (1969)
20. GILLESPIE, R.D.:
The relative influence of mental and muscular work on the pulse-rate and blood-pressure.
J. Physiol. (London) 58, 425 (1923/24)
21. KASTNER, K., H. HECK, B. SCHMÜCKER, W. HOLLMANN:
Pulsfrequenzregistrierungen bei Sportlern verschiedener Disziplinen.
In: DEMLING, L. und K. BACHMANN (Hrsg.): Biotelemetrie
Stuttgart: Thieme 1970, 53

22. KAWAKAMI, Y., B.H. NATELSON, A.B. DU BOIS:
Cardiovascular effects of face immersion and factors effecting diving reflex in man.
J. Appl. Physiol. 23, 964 (1967)
23. KEUL, J., P. ZIPPELIUS, G. HENRICH:
Herzfrequenz und arterielle Glucose- und Lactatspiegel beim Dauer- und Intervallschwimmen.
Dtsch. med. Wschr. 97, 1294 (1972)
24. KLIMT, F. und A. FELKEL:
Die körperliche Belastung eines 350 m-Hallenlaufes. Radio-
telemetrische EKG-Registrierung bei 8-10-jährigen Kindern.
Der Sportarzt 20, 475 (1969) und 21, 14 (1970)
25. KLIMT, F.:
Telemetrische Herzfrequenzregistrierung bei Kleinkindern
während körperlicher Tätigkeit.
Dtsch. Gesundheitswesen 21, 599 (1966)
26. LENFANT, C.:
Physiological properties of blood of marine mammals.
In: ANDERSEN, H.T.(Hrsg.): The biology of marine mammals.
New York: Academic 1969, 95-116
27. MAGEL, J.R., W. McARDLE, R.M. GLASER:
Telemetered heart rate response to selected competitive
swimming events.
J. Appl. Physiol. 26, 764 (1969)
28. McARDLE, W.D., R.M. GLASER, J.R. MAGEL:
Metabolic and cardiorespiratory response during free
swimming and treadmill walking.
J. Appl. Physiol. 30, 733 (1971)
29. MELLEROWICZ, H. und P. NOWACKI:
Vergleichende Untersuchung von Atem- und Kreislauffunk-
tionen bei physikalisch gleicher ergometrischer Arbeit
im Stehen, Sitzen und Liegen.
Z. Kreislaufforschung 50, 1002 (1961)
30. MEREDITH, H.V.:
Percentiles for weight and height.
In: NELSON, W.E.(Hrsg.): Textbook of Pediatrics.
Philadelphia: Saunders 1964, 50
31. MEYTHALER, M. und J. SCHMIDT:
EKG-Telemetrie beim Sport.
In: DEMLING, L. und K. BACHMANN(Hrsg.): Biotelemetrie.
Stuttgart: Thieme 1970, 37

32. MOCELLIN, R. und J. RUTENFRANZ:
Methodische Untersuchungen zur Bestimmung der körperlichen Leistungsfähigkeit (W_{170}) im Kindesalter.
Z. Kinderheilkunde 108, 61 (1970)
33. PAULEV, P.-E.:
Cardiac rhythm during breath-holding and water immersion in man.
Acta Physiol. Scand. 73, 139 (1968)
34. PAULEV, P.-E. und H.G. HANSEN:
Cardiac response to apnea and water immersion during exercise in man.
J. Appl. Physiol. 33(2), 193 (1972)
35. RUTENFRANZ, J., T. HELLBRÜGGE, K. STEHR, C. und R. HOCHE:
Über den Einfluß des Filmerlebnisses auf das Pulsverhalten von Kindern. Ein Beitrag zur Labilität des kindlichen Pulses.
Z. Kinderheilkunde 84, 522 (1960)
36. SJÖSTRAND, T.:
Volume and distribution of blood and their significance in regulating the circulation.
J. Appl. Physiol. 17, 519 (1962)
37. STEGEMANN, J.:
Der Einfluß von Wasser als Umgebungsmedium auf den Menschen bei Ruhe und Arbeit.
In: Leistungsphysiologie
Stuttgart: dtv 1971, 175-189
38. STEGEMANN, J. und U. TIBES:
Die Veränderung der Herzfrequenz beim Tauchen und Atemanhalten nach körperlicher Anstrengung.
Pflügers Archiv 308, 16 (1969)
39. STRØMME, S.B., D. KEREM und R. ELSNER:
Diving bradycardia during rest and exercise and its relation to physical fitness.
J. Appl. Physiol. 28, 614 (1970)
40. VOGEL, P.A.:
Zur Technik der EKG-Telemetrie unter schwierigen Bedingungen.
Elektromedizin 14, 64 (1969)

LEBENS LAUF

Am 22. April 1947 wurde ich, Thomas Becker, als Sohn des Oberst Hellmut Becker und seiner Ehefrau Kristl, geb. Weisshuhn, in Oldenburg/Niedersachsen geboren.

1952 zogen wir nach Starnberg, wo ich von 1953-1957 die Volksschule besuchte. Im September 1957 trat ich ins Gymnasium Starnberg über und schloß dort im Juli 1966 mit dem Abitur ab.

Anschließend immatrikulierte ich mich an der Universität München und studierte zunächst ein Semester an der Naturwissenschaftlichen Fakultät. Im Sommer 1967 bekam ich die Zulassung zum Studium der Medizin. Nach dem 3. Fachsemester unterzog ich mich der naturwissenschaftlichen, nach dem 6. Semester der ärztlichen Vorprüfung. Das Staatsexamen bestand ich am 8. August 1974.

Den ersten Teil meiner Medizinalassistentenzeit leistete ich an der chirurgischen Abteilung der Städtischen Krankenanstalten Oldenburg ab. Dann folgten 4 Monate auf der chirurgischen Abteilung des Kreiskrankenhauses Starnberg. Im Februar 1976 beendete ich die Medizinalassistentenzeit an der Privatklinik Kempfenhausen/Starnberger See.

